昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*, February 2008, 51(2): 150－154　　ISSN 0454-6296

施用噻虫嗪可降低B型烟粉虱群体的遗传多样性

褚栋[1,2]，徐宝云[2]，吴青君[2]，万方浩[3]，肖利锋[2]，朱国仁[2]，张友军[2,*]

（1. 山东省农业科学院高新技术研究中心，济南　250100；2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所，北京　100081；
3. 中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京　100081）

摘要：用4个具有多态性的微卫星位点（BEM15、BEM25、BEM31和BT-b53）分析了施用化学农药噻虫嗪（thiamethoxam）对B型烟粉虱 *Bemisia tabaci*（Gennadius）群体遗传结构的影响。结果表明：噻虫嗪汰选18代的B型烟粉虱处理种群（抗性种群）抗药性上升到对照种群（敏感种群）的19.08倍，同时其微卫星位点不同等位基因频率分布发生了变化，等位基因数（N_a）平均值由2.750降到2.250，杂合度（h）平均值由0.459降到0.299（降低了34.8%），多态信息含量（PIC）平均值由0.393降到0.250，有效等位基因数（N_e）平均值由2.051降到1.488；抗性种群与敏感种群的标准遗传距离为0.15。结果提示，化学农药的施用可能是B型烟粉虱群体遗传结构的重要影响因素之一。

关键词：B型烟粉虱；噻虫嗪；抗性；遗传结构；微卫星标记

中图分类号：Q965　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2008)02-0150-05

Thiamethoxam application can decrease the genetic diversity of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B

CHU Dong[1,2], XU Bao-Yun[2], WU Qing-Jun[2], WAN Fang-Hao[3], XIAO Li-Feng[2], ZHU Guo-Ren[2], ZHANG You-Jun[2,*] (1. High-Tech Research Center, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 2. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The effects of the application of thiamethoxam on the genetic structure of invasive *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B were analyzed using four polymorphic microlsatellite loci. The results showed that resistance of *B. tabaci* biotype B selected by thiamethoxam for 18 generations was 19.08 times that of the susceptible population. Compared with the genetic structure of the control population (susceptible population), the distribution of the allele frequency also changed. Meanwhile, the average value of number of alleles (N_a) decreased from 2.750 to 2.250; gene heterozygosity (h) decreased from 0.459 to 0.299; polymorphism information content (PIC) decreased from 0.393 to 0.250; and the effective number of alleles (N_e) decreased from 2.051 to 1.488. The standard genetic distance between the susceptible and resistant populations was 0.15. The results suggested that application of insecticide might be one important factor affecting the genetic structure of *B. tabaci* biotype B.

Key words: *Bemisia tabaci* biotype B; thiamethoxam; resistance; genetic structure; microsatellite marker

20世纪80年代中期，烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)在美国及其他国家相继暴发。经过生物学和酯酶鉴定，该烟粉虱是一种新的生物型即B型烟粉虱（Brown *et al*., 1995）。随后，等位酶、随机扩增多态性DNA（random amplified polymorphism DNA, RAPD）、扩增片段长度多态性（amplified fragment length polymorphism, AFLP）、核糖体DNA内转录间隔区1（rDNA-ITS1）、线粒体DNA细胞色素氧化酶Ⅰ

基金项目：国家重点基础研究发展计划资助项目（2002CB111400）；国家自然科学基金项目（30500331, 30771410）；北京市自然科学基金项目（6062024）；山东省农业科学院创新基金项目（2007YCX030）

作者简介：褚栋，男，1977年生，山东枣庄人，博士，副研究员，主要从事入侵生物学和昆虫分子生态学研究，E-mail：chudong1977@hotmail.com

* 通讯作者 Author for correspondence, Tel.: 010-68919518; E-mail: zhangyj@mail.caas.net.cn

收稿日期 Received: 2007-06-05；接受日期 Accepted: 2007-12-19

(mtDNA COⅠ)等标记广泛地应用于烟粉虱的遗传变异研究中(褚栋等，2005c)。目前，烟粉虱通常被认为是含有许多生物型的复合种，其中生物型的划分主要是根据遗传信息(De Barro，2005)。然而，上述分子标记不能进一步详细分析烟粉虱的群体遗传结构(De Barro *et al*.，2003)。而中性分子标记微卫星 DNA 即简单重复序列(simple sequence repeats，SSR)(De Barro *et al*.，2003；Tsagkarakou and Roditakis，2003)具有多态性高、共显性遗传、重复性好、易检测等优点(Tsutsui *et al*.，2000；褚栋等，2006)，为烟粉虱群体遗传结构研究提供了有力的工具。

B 型烟粉虱是烟粉虱复合种中一个入侵性较强的生物型，该生物型群体遗传结构研究对于从遗传特性来揭示其成功入侵的机制及其管理具有重要的理论意义和指导价值(Suarez *et al*.，1999；Tsutsui *et al*.，2003)，同时也为揭示外来物种快速进化的生态过程及其影响因子提供了依据(褚栋等，2004)。已有资料表明，外来物种的群体遗传结构在入侵生态过程中可能受到多方面因素的影响，如瓶颈效应、多次传入或持续传入等传播模式的影响(褚栋等，2007)。当前，B 型烟粉虱的控制主要依赖于化学农药的大量使用，对于化学农药的使用对其群体遗传结构的影响尚未见相关报道。本研究利用筛选出的对 B 型烟粉虱具有多态性的 4 个微卫星位点，分析了 B 型烟粉虱的噻虫嗪(thiamethoxam)处理种群(抗性种群)与对照种群(敏感种群)的遗传结构差异，以期探讨噻虫嗪的施用对 B 型烟粉虱群体遗传结构的可能影响；同时，为研究化学农药对昆虫种群群体遗传结构的影响提供参考。

1　材料与方法

1.1　供试昆虫

烟粉虱种群于 1998 年采自北京市郊，参照 Chu 等(2006)方法，经 mtDNA COⅠ分子标记鉴定为 B 型烟粉虱。将上述种群在中国农业科学院蔬菜花卉研究所试验温室内以甘蓝为寄主植物继代饲养，并且未经任何药剂汰选，作为烟粉虱对照种群即敏感种群(TH-S)。同步隔离饲养，用化学农药噻虫嗪(诺华农化有限公司生产)汰选烟粉虱种群，选择压为 50%～70%；汰选 18 代得到的烟粉虱种群作为处理种群即抗性种群(TH-R)。为了排除共生菌 *Wolbachia* 致使烟粉虱性别失调而对其群体遗传结构的可能影响(De Barro，2005)，我们利用长 PCR 方法对该种群进行了 *Wolbachia* 的检测，没有发现该共生菌(褚栋等，2005a)。

1.2　生物测定

采用改进的琼脂保湿浸叶法(Cahill *et al*.，1996)进行生物测定。将新鲜黄瓜叶片打成直径 30 mm 的叶盘，然后置于被稀释的 25% 噻虫嗪水分散粒剂 5～7 个浓度系列药液中分别浸 15 s，取出后置于白纸上晾干(约 40～60 min)。将浸药后晾干的叶盘转入直径 30 mm，高 15 mm 的培养皿中底部，该皿底部含有 1.3% 琼脂胶。采用 CO_2 麻醉法采集新羽化出的烟粉虱成虫，接入培养皿中，每皿 25 头，每个浓度设 4 次重复。每隔 24 h 检查死亡率，在解剖镜下用解剖针轻触虫体，不能动者为死亡。所得结果根据 Probit 机率值分析法，用计算机求出毒力回归方程、LC_{50}(mg/L)、95% 置信度以及抗性比值(抗性种群 LC_{50} 与敏感种群 LC_{50} 之比)。

1.3　单头烟粉虱 DNA 提取

参照褚栋等(2005b)中单头烟粉虱 DNA 提取方法，将 1 头烟粉虱雌性成虫个体置于含 60 μL 碱裂解液[50 mmol/L Tris-HCl(pH 8.0)，20 mmol/L NaCl，1 mmol/L EDTA，1% SDS]的 0.2 mL 的离心管中，用封口枪头将粉虱充分研磨匀浆后，50℃水浴过夜。取出后，加入 2 倍体积的预冷无水乙醇，然后冰浴 2 h 以上。以 12 000 r/min 离心 20 min，DNA 沉淀室温晾干。每管加入 20 μL ddH_2O，溶解后作为模板 DNA。由于烟粉虱是单双倍体昆虫，即雄性(单倍体)由未受精的卵产生，而雌性(双倍体)是由受精卵产生。为了排除性别因素的影响(De Barro，2005)，本研究中使用的所有烟粉虱均是雌性成虫。烟粉虱抗性种群、敏感种群每个位点均重复 30 头。

1.4　PCR 反应条件及电泳检测

从 25 个微卫星位点中(De Barro *et al*.，2003；Tsagkarakou and Roditakis，2003)，筛选出对 B 型烟粉虱具有较高多态性的 4 个微卫星位点(褚栋等，未发表资料)(表 1)。PCR 反应体系为 20 μL：含 1 U Taq 酶，2 μL 反应缓冲液，2.5 mmol/L $MgCl_2$，0.2 mmol/L dNTP，上下游引物各 0.2 mmol/L，模板 DNA 为 1 μL；最后加入石蜡油 6 μL。参照 De Barro 等(2003)反应程序，将含有位点 BEM15、BEM25 和 BEM31 引物的反应体系于 94℃预变性 5 min 后，进行 35 个如下循环：94℃变性 1 min，一定温度下(表 1)退火 1 min，72℃延伸 1 min。循环结束后 72℃延伸 5 min。参照

Tsagkarakou 和 Roditakis(2003)反应程序,将含有位点 BT-b53 引物的反应体系于 93℃预变性 4 min 后,进行 35 个如下循环:93℃变性 40 s;50℃退火 45 s;72℃延伸 60 s。循环结束后 72℃延伸 5 min。抗性种群、敏感种群同一位点的扩增产物变性后,上样于同一个 7.0% 的变性聚丙烯酰胺凝胶中电泳,以减少数据采集时可能产生的误差。在 1 × TBE 缓冲液、恒功率 70 W 条件下进行电泳后,银染。根据等位基因片段大小,判断等位基因。

表 1 本研究中 4 对微卫星位点引物序列及退火温度

Table 1 The primer sequences and annealing temperature of the four microsatellite loci used in the study

微卫星位点 Microsatellite locus	引物序列(5′-3′) Primer sequence	退火温度(℃) Annealing temperature
BEM15	F:AGCAGCATCAACAGGCTC R:CTAGATTCTGCTTGAAAGG	50
BEM25	F:AAGTATCAACAAATTAATCGTG R:TGAAGAATAAGAATAAAGAAGG	60
BEM31	F:AAGAACTAGCCAGGGACAAAC R:GTCATTTCTGGATTCTCAGCA	55
BT-b53	F:GTTGCATACAGCAGAAATTTGA R:AAAGCGTTCACGTCTTACAATG	50

1.5 数据处理与统计分析

根据 Nei(1987)下述公式计算等位基因频率(allele frequencies, N_a)。其中,n_{ii} 为具有纯合子 a_ia_i 基因型的个体数,n_{ij} 为具有杂合子 a_ia_j 基因型的个体数,N 为个体总数。

$$q_i = \left(\sum_{i=1}^{n} 2n_{ii} + \sum_{\substack{i=1 \\ j=i+1}}^{n} n_{ij}\right)/(2N) \quad (i \neq j) \tag{1}$$

根据 Nei(1978)下述公式计算基因杂合度(gene heterozygosity, h)。其中,r 为检测的位点数,n 为等位基因数,q_i 为第 r 个位点第 i 个等位基因的频率;h_j 为第 j 个位点的基因杂合度。

$$h_j = 1 - \sum_{i=1}^{n} q_i^2 \tag{2}$$

根据 Botstein 等(1980)下述公式计算多态信息含量(polymorphism information content, PIC)。其中,r 为检测的位点数,n 为等位基因数,q_i 为第 r 个位点第 i 个等位基因的频率。

$$PIC = 1 - \left(\sum_{i=1}^{n} q_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n} 2q_i^2q_j^2\right) \tag{3}$$

每个位点的有效等位基因数(effective number of alleles, N_e)按下述公式计算。其中,r 为检测的位点数,n 为等位基因数,q_i 为第r个位点第i个等位基因的频率。

$$N_e = 1/\sum_{i=1}^{ni} q_i^2 \tag{4}$$

根据 Nei(1972)下述公式计算种群间标准遗传距离(D)。公式中,X_{ji} 和 Y_{ji} 分别表示群体 X 和 Y 中第j 个座位上有第 i 个等位基因的频率;而 $X_{ji}Y_{ji}$ 则表示两个群体第j 个座位上都有第 i 个等位基因的联合频率,n 为所分析的座位数目,r 为第j个座位上等位基因的个数。

$$D = -\ln\left(\sum_{j=1}^{r}\sum_{i=1}^{n} X_{ji}Y_{ji} \Big/ \sqrt{\sum_{j=1}^{r}\sum_{i=1}^{n} X_{ji}^{2} \sum_{j=1}^{r}\sum_{i=1}^{n} Y_{ji}^{2}}\right) \tag{5}$$

2 结果与分析

2.1 抗性测定

B 型烟粉虱敏感种群与继代选育 18 代抗性种群的生测结果见表 2。继代选育 18 代的 B 型烟粉虱对噻虫嗪的敏感性下降,其 LC_{50} 为 201.10 mg/L,该种群的抗药性是敏感种群(LC_{50} 为 10.54 mg/L)的 19.08 倍。

表 2 B 型烟粉虱敏感种群和抗性种群对噻虫嗪的敏感性

Table 2 Susceptibility to thiamethoxam in the susceptible and resistant population of *Bemisia tabaci* biotype B

种群 Population	毒力回归方程($y = a + bx$) LC-p line	LC_{50} (mg/L)	95%置信限 95% FL	抗性比值 RF
TH-S	$1.89 + 3.04x$	10.54	9.17 – 12.12	1.00
TH-R	$1.61 + 1.29x$	201.10	71.82 – 562.94	19.08

TH-S:噻虫嗪敏感种群 Susceptible population;TH-R:噻虫嗪抗性种群 Resistant population;下表同 The same for the following tables.

2.2 等位基因频率分析

B 型烟粉虱敏感种群与继代选育 18 代抗性种群

表 3 B 型烟粉虱敏感和抗性种群的等位基因频率

Table 3 Allele frequencies in the susceptible and resistant population of *Bemisia tabaci* biotype B

位点 Locus	等位基因 Allele	等位基因频率 Allele frequency	
		TH-S	TH-R
BEM15	a	0.238	0.071
	b	0.429	0.929
	c	0.333	0
BEM25	a	0.034	0.036
	b	0.379	0.286
	c	0.517	0.679
	d	0.069	0
BEM31	a	0.903	0.900
	b	0.097	0.100
BT-b53	a	0.310	0.692
	b	0.690	0.308

的等位基因频率见表 3。继代选育 18 代的 B 型烟粉虱抗性种群的等位基因频率发生了明显的变化。某些微卫星位点如 BEM15、BEM25 的一些等位基因在抗性种群中甚至缺失，造成等位基因频率为 0。

2.3　群体遗传变异分析

等位基因数（N_a）、基因杂合度（h）、多态信息含量（PIC）以及有效等位基因数（N_e）是群体遗传变异的重要指标。B 型烟粉虱敏感种群与继代选育 18 代抗性种群的上述遗传变异指标见表 4。与敏感种群相比，继代选育 18 代的 B 型烟粉虱种群的等位基因数（N_a）、基因杂合度（h）、多态信息含量（PIC）以及有效等位基因数（N_e）平均值均降低。抗性种群中，不同的微卫星位点的等位基因数（N_a）、基因杂合度（h）、多态信息含量（PIC）以及有效等位基因数（N_e）降低程度存在差异，微卫星位点 BEM31 与 BT-b53 的上述指标没有发生较大变化，而微卫星位点 BEM15 与 BEM25 的上述指标则发生较大变化，即均有所下降。

表 4　B 型烟粉虱敏感种群和抗性种群的遗传变异

Table 4　Genetic variance in the susceptible and resistant population of *Bemisia tabaci* biotype B

位点 Locus	等位基因数（N_a）Number of alleles		基因杂合度（h）Gene heterozygosity		多态信息含量（PIC）Polymorphism information content		有效等位基因数（N_e）Effective number of alleles	
	TH-S	TH-R	TH-S	TH-R	TH-S	TH-R	TH-S	TH-R
BEM15	3	2	0.648	0.132	0.574	0.123	2.844	1.152
BEM25	4	3	0.583	0.456	0.501	0.379	2.399	1.838
BEM31	2	2	0.175	0.180	0.160	0.164	1.212	1.220
BT-b53	2	2	0.428	0.426	0.336	0.335	1.748	1.743
平均值 Average	2.750	2.250	0.459	0.299	0.393	0.250	2.051	1.488

3　讨论

本项研究使用的 4 个微卫星位点中，抗性种群中的 BEM15、BEM25 位点中某些等位基因的缺失及其等位基因数（N_a）降低是造成整个种群平均等位基因数降低的主要原因。通过抗性种群与对照种群（敏感种群）等位基因频率的比较（表 3）可以推测，这些等位基因的缺失可能并非完全与初始种群较低的等位基因频率有关。

一般认为，基因杂合度（h）是衡量群体遗传变异的一个较合适的参数。在本研究中，B 型烟粉虱抗性种群平均杂合度（0.299）比敏感种群的平均杂合度（0.459）降低了 34.8%。而抗性种群中 BEM15、BEM25 位点的基因杂合度（h）降低是其中的重要因素（表 4）。多态信息含量（PIC）是衡量标记多态性的重要指标：当 $PIC > 0.5$ 时，该位点为高度多态位点；$0.25 < PIC < 0.5$ 时为中度多态性位点；$PIC < 0.25$ 时为低度多态性位点（Botstein *et al*.，1980）。抗性种群中 BEM15、BEM25 位点由对照种群中的高度多态位点分别成为了低度、中度多态性位点（表 4）。有效等位基因数（N_e）越接近所检测到的等位基因的绝对值，表明等位基因在群体中分布得越均匀。由表 4 中有效等位基因数（N_e）数据可知，抗性种群中 BEM15、BEM25 位点等位基因的均匀程度比敏感种群的均匀程度下降，而 BEM31、BT-b53 位点等位基因的均匀程度则基本没有发生变化。由公式 2～4 可知，等位基因频率是基因杂合度（h）、多态信息含量（PIC）以及有效等位基因数（N_e）的基础。这些遗传变异指标的变化与噻虫嗪对 B 型烟粉虱等位基因频率的影响（表 3）密切相关。

本研究中，根据公式 5 计算所得的抗性种群与敏感种群的标准遗传距离为 0.15，与张丽萍等（2004）利用 AFLP 分子标记分析的 B 型烟粉虱抗性个体与敏感个体遗传距离结果（0.06～0.13）相似，与该文中噻虫嗪的施用可导致 B 型烟粉虱‘抗性品系在 DNA 分子水平上已存在明显分化’的结论是一致的。

本研究结果表明，室内环境下噻虫嗪在导致 B 型烟粉虱种群产生抗药性的同时，还改变了其群体遗传结构。这些结果提示，化学农药的施用对于室内昆虫种群群体遗传结构可能具有重要的影响。在田间，由于烟粉虱具有较强的飞行潜力（周福才等，2007），亚种群间存在着基因交流，化学农药对烟粉虱群体遗传结构的影响可能会减弱。施用化学农药对田间 B 型烟粉虱群体遗传结构的影响尚需进一步的深入研究。

致谢　澳大利亚 CSIRO 昆虫所 PJ De Barro 博士以及希腊国家农业研究基金会（NAGREF）A Tsagkarakou 博士为本研究及时提供相关资料，并对微卫星分子

标记相关技术给予有益的建议，在此表示感谢！

参考文献（References）

Botstein D，White RL，Skolnick M，Davis RW，1980. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American Journal of Human Genetics*，32：314 – 331.

Brown JK，Frohlich DR，Rosell RC，1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies：biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex. *Annual Review of Entomology*，40：511 – 534.

Cahill M，Gorman K，Day S，Denholm I，Elbert A，Nauen R，1996. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci*（Homoptera：Aleyrodidae）. *Bulletin of Entomological Research*，86：343 – 349.

Chu D，Cong B，Zhang YJ，Xu BY，Wu QJ，Zhu GR，2005a. Detection and phylogenetic analysis of *Wolbachia* in different *Bemisia tabaci* biotypes. *Acta Entomologica Sinica*，48（4）：518 – 525.［褚栋，丛斌，张友军，徐宝云，吴青君，朱国仁，2005a. 不同生物型烟粉虱体内 *Wolbachia* 共生菌的检测及其系统树分析. 昆虫学报，48（4）：518 – 525］

Chu D，Zhang YJ，Cong B，Xu BY，Wu QJ，Zhu GR，2005b. Sequences analysis of mtDNA CO Ⅰ gene and molecular phylogeny of different geographical populations of *Bemisia tabaci*（Gennadius）. *Scientia Agricultura Sinica*，38（1）：76 – 85.［褚栋，张友军，丛斌，徐宝云，吴青君，朱国仁，2005b. 烟粉虱不同地理种群的 mtDNA CO Ⅰ 基因序列分析及其系统发育. 中国农业科学，38（1）：76 – 85］

Chu D，Bi YP，Zhang YJ，Lou YP，2005c. Research progress on *Bemisia tabaci*（Gennadius）biotypes. *Acta Ecologica Sinica*，25（12）：3 398 – 3 405.［褚栋，毕玉平，张友军，娄蕴萍，2005c. 烟粉虱生物型研究进展. 生态学报，25（12）：3 398 – 3 405］

Chu D，Zhang YJ，Brown JK，Cong B，Xu BY，Wu QJ，Zhu GR，2006. The introduction of the exotic Q biotype of *Bemisia tabaci*（Gennadius）from the Mediterranean region into China on ornamental crops. *Florida Entomologist*，89（2）：168 – 174.

Chu D，Zhang YJ，Cong B，Lou YP，2006. Applications of microsatellite molecular marker in invasion biology. *Journal of Shandong Agricultural University*，37（2）：309 – 312.［褚栋，张友军，丛斌，娄蕴平，2006. 微卫星分子标记在入侵生物学中的应用进展. 山东农业大学学报，37（2）：309 – 312］

Chu D，Zhang YJ，Cong B，Xu BY，Wu QJ，2004. The invasive mechanism of a world important pest，*Bemisia tabaci*（Gennadius）biotype B. *Acta Entomologica Sinica*，47（3）：400 – 406.［褚栋，张友军，丛斌，徐宝云，吴青君，2004. 世界性重要害虫 B 型烟粉虱的入侵机制. 昆虫学报，47（3）：400 – 406］

Chu D，Zhang YJ，Wan FH，2007. Application of molecular marker techniques in the invasion ecology. *Chinese Journal of Applied Ecology*，18（6）：1 383 – 1 387.［褚栋，张友军，万方浩，2007. 分子标记技术在入侵生态学中的应用. 应用生态学报，18（6）：1 383 – 1 387］

De Barro PJ，2005. Genetic structure of the whitefly *Bemisia tabaci* in the Asia-Pacific region revealed using microsatellite markers. *Molecular Ecology*，14：3 695 – 3 718.

De Barro PJ，Scott KD，Graham GC，Lange CL，Schutze MK，2003. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Bemisia tabaci*. *Molecular Ecology Notes*，3（1）：40 – 43.

Nei M，1972. Genetic distance between populations. *American Naturalist*，6：283 – 293.

Nei M，1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*，89：583 – 590.

Nei M，1987. Molecular Evolutionary Genetics. Columbia University Press，New York.

Suarez AV，Tsutsui ND，Holway DA，Case TJ，1999. Behavioral and genetic differentiation between native and introduced populations of the Argentine ant. *Biological Invasions*，1：43 – 53.

Tsagkarakou A，Roditakis N，2003. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Bemisia tabaci*（Hemiptera：Aleyrodidae）. *Molecular Ecology Notes*，3：196 – 198.

Tsutsui ND，Suarez AV，Holway DA，Case TJ，2000. Reduced genetic variation and the success of an invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*，97：5 948 – 5 953.

Tsutsui ND，Suarez AV，Grosberg RK，2003. Genetic diversity，asymmetrical aggression，and recognition in a widespread invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*，100：1 078 – 1 083.

Zhang LP，Zhang YJ，Zhang WJ，Xu BY，Wu QJ，Xiao LF，Zhu GR，2004. Genetic differentiation in the thiamethoxam-resistant strain of *Bemisia tabaci* B-biotype. *Acta Entomologica Sinica*，47（6）：754 – 759.［张丽萍，张友军，张文吉，徐宝云，吴青君，肖利峰，朱国仁，2004. B 型烟粉虱抗噻虫嗪品系的遗传分化. 昆虫学报，47（6）：754 – 759］

Zhou FC，Wang Y，Ren SX，Zhu SD，Zhou ZH，2007. Flight behaviors of *Bemisia tabaci* and corresponding IPM strategies. *Chinese Journal of Applied Ecology*，18（2）：451 – 455.［周福才，王勇，任顺祥，祝树德，周泽华，2007. 烟粉虱的飞行行为与害虫综合治理策略. 应用生态学报，18（2）：451 – 455］

（责任编辑：黄玲巧）